



**GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA**

**TREBALL FINAL DE GRAU**

---

# **CARACTERITZACIÓ DE MOVIMENTS OCULARS HORITZONTALS**

**CLARA ROCA I MARTÍNEZ**

DIRECTOR/A: José Luís Álvarez Muñoz  
DEPARTAMENT: Òptica i Optometria

26 de gener del 2017



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

El Sr. José Luís Álvarez Muñoz, com a tutor i director del treball,

### CERTIFICA

Que la Sra. Clara Roca i Martínez ha realitzat sota la seva supervisió el treball "Caracterització de moviments oculars horitzontals" que es recull en aquesta memòria per optar al títol de grau en Òptica i Optometria.

I per a què consti, signo aquest certificat.

Sr. José Luís Álvarez Muñoz

Director del TFG

Terrassa, 13 de gener de 2017.



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

# Caracterització de moviments oculars horitzontals

### RESUM

El seguiment dels moviments oculars és un procés per mesurar la posició i moviments dels ulls quan es realitza una acció determinada. S'utilitza en àmbits tan diferents com la psicologia, la logopèdia, el disseny de productes, el màrqueting i també en la investigació sobre el sistema visual.

Fins a començaments del segle XX, els estudis dels moviments oculars es realitzaven mitjançant la observació directa. Avui en dia però, i des de fa un centenar d'anys, s'utilitzen aparells especialment dissenyats per a mesurar el moviment dels ulls, un d'ells n'és el Visagraph, pensat específicament per al seguiment dels ulls durant la lectura.

En aquest estudi, però, he volgut utilitzar el Visagraph per estudiar els moviments oculars horitzontals voluntaris, presentant un estímul a l'observador.

He volgut determinar si existeix algun tipus de relació entre la caracterització dels moviments i l'edat de l'observador, l'amplitud dels moviments, el contrast entre l'estímul i el fons, la durada de presentació de cada estímul i el fet de conèixer o no la posició de l'estímul prèviament a l'aparició d'aquest.

S'ha determinat que ni l'edat, ni el contrast, ni la durada tenen un repercussió directa amb la caracterització dels moviments; sí que hi influeix, en canvi, el fet de conèixer, amb anterioritat, la posició on apareixerà l'estímul.



## GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

# Caracterización de movimientos oculares horizontales

### RESUMEN

El seguimiento de los movimientos oculares es un proceso para medir la posición y movimientos de los ojos cuando se realiza una acción determinada. Se utiliza en ámbitos tan distintos como la psicología, la logopedia, el diseño de productos, el máquetin y también en la investigación sobre el sistema visual.

Hasta principios del siglo XX, los estudios de los movimientos oculares se realizaban mediante la observación directa. Hoy en día, sin embargo, y desde hace un centenar de años, se utilizan aparatos especialmente diseñados para medir el movimiento de los ojos, uno de ellos es el Visagraph, pensado y creado específicamente para el seguimiento de los ojos durante la lectura.

En este estudio, sin embargo, he querido utilizar el Visagraph para estudiar los movimientos oculares horizontales voluntarios, presentando un estímulo al observador.

He querido determinar si existe alguna clase de relación entre la caracterización de los movimientos y la edad del observador, la amplitud de los movimientos, el contraste entre el estímulo y el fondo, la durada de presentación de cada estímulo y el hecho de conocer o no la posición del estímulo previamente a la aparición de este.

Se ha determinado que ni la edad, ni el contraste, ni la durada tienen una repercusión directa en la caracterización de los movimientos; sí que influye, en cambio, el hecho de conocer, con anterioridad, la posición donde aparecerá el estímulo.



## GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

# Horizontal eye motion characterization

### ABSTRACT

Eye-tracking is the process of measuring either the point of gaze and the motion of the eyes relative to the head. It is used in many different fields such as psychology, speech therapy, product design, marketing and also in research on the visual system.

Until the beginning of the 20<sup>th</sup> century, the research on eye motion was done through the direct observation. However, nowadays, and since a hundred years, specially designed eye-tracking devices are used to measure eye motion, one of those is Visagraph, specifically created for eye-tracking while reading.

In the current research, however, I wanted to use Visagraph to analyse horizontal and voluntary eye movements, showing the observer a stimulus.

My purpose was to determine whether there is any kind of connection between horizontal eye motion characterization and the observer's age, the movements' amplitude, the contrast between the stimulus and the background, the duration of each stimulus and the fact of knowing or not the position of the stimulus previously to its appearance.

It has been determined that age, contrast and duration do not have a direct connection to horizontal eye motion characterization, whereas knowing the stimulus position previously to its appearance does.



## ENGLISH SUMMARY

Eye-tracking is the process of measuring either the point of gaze and the motion of the eyes relative to the head. It is used in many different fields such as psychology, speech therapy, product design, marketing and also in research on the visual system.

Until about a hundred years ago, eye-motion research was done through direct observation.

In 1879, a French ophthalmologist called Emile Javal, realized that while we are reading, our eyes do not do a smooth sweeping along the text, as previously assumed; but a series of quick movements, called saccades, with short stops which are called fixations.

From this moment, many researches on eye-motion during reading were done.

It was also at this time that the educational psychologist E. B. Huey created the first prototype of an eye-tracker, which consisted on a sort of contact lens with a hole for the pupil. The lens was connected to an aluminium pointer that moved in response to the eye movements. With this eye-tracker, E. B. Huey studied the regression and fixations done by the observer while reading.

Some years later, another educational psychologist called Guy Thomas Buswell built the first non-invasive eye-tracker using beams of light that were reflected on the eye and then recorded on a film.

In the 1950s, a Russian psychologist called Alfred Lukyanovich Yarbus, did an eye-tracking research of a big importance. He proved that the task given to the observer has a huge influence on his/her eyes movements.

Since 1970, research on eye-tracking expanded very quickly, particularly on reading.

On 1980, M. A. Just and P. A. Carpenter formulated the *Strong eye-mind hypothesis*. This hypothesis says that "there is no appreciable lag between what is fixated and what is processed".

It has been questioned many times, however, because of *cover attention*, paying attention to something we are not looking at.

It was also on 1980, that eye-tracking was used for the first time to answer questions related to human-computer interaction and how computer users search for commands in computer menus. The results of this research are used nowadays for web development, and marketing. For example, to know where to place the ads so that they are seen as much as possible.

## **Visagraph**

Visagraph is a sort of eye-tracker which consists of a measuring unit, measuring goggles and software. During reading printed text on paper, eye movements are recorded.

It is very simple to use and can be used with prescription glasses or contact lenses if needed, without altering the results.

To measure eye movements Visagraph uses infrared light and measures the amount of reflected light with sensors.

## **Research object and assumptions**

The objective of this research was not the study of eye movements during reading, since there are already many studies on this topic.

In my case, I wanted to use Visagraph to study the horizontal eye movement in different types of voluntary movements, presenting stimuli to the observer.



When I started to deal with the work, along with the tutor, we realize that there are many different variables that could cause changes on the results obtained with the Visagraph, such as age of the observer, if he/she usually uses glasses or contact lenses or none, if he/she has undergone eye surgery for any reason, the type of movement (tracking, saccades, nystagmus, etc.), the amplitude of these, the rate at which the stimuli are shown, the contrast between them and the background, the size of the stimulus, the length of the fixings, the distance observer-stimulus, etc.

Seeing that we could play with so many variables we decided that it was necessary to limit the job and choose a few of these to study if they have any effect on the characteristics of eye movements or not.

I decided I would work on saccades, discarding any other type of eye movements. I asked myself if the observer's age, the amplitude of the movement, the contrast between the stimulus and the background, the duration of each fixation and the fact of knowing the stimulus position before it appears would have any effect on the eye movements or not.

Before starting the research, I make the following assumptions:

- Voluntary saccades caused by a stimulus are faster and more accurate when the observer is a young person below 60 years.
- If the observer knows the position of the stimulus prior to the appearance of it, the saccade will be more precise.
- Knowing when the stimulus position will change causes the saccade movement of the eyes to be faster.
- The more contrast there is between the stimulus and the background on which it appears, the more accurate saccades will be.



- On large changes of the stimulus position, the amplitude of the saccade will be shorter than needed, and will be followed by another short saccade in the same direction.
- On short changes of the stimulus position, the amplitude of the saccade will be larger than necessary, and will be followed by another short saccade in the opposite direction.

## PROCEDURE

To carry out my research and see if my assumptions are confirmed or not, I chose 10 people of different ages, and I did 6 different measurements for each modifying each time a characteristic on the presented stimuli.

The director of the research prepared a program for the stimuli presentation where I could also modify different features such as contrast, time, position, etc.

I have used three different variables for the measurements:

Variable 1: Stimuli positions:

Option A: 9 different points showed in a random order

Option B: 2 points showed in an alternate way

Variable 2: Duration of each stimulus before it changes its position:

Option A: Fixed time, 2 seconds on each position

Option B: Random time between 1 and 4 seconds

Variable 3: Contrast:

Option A: Maximum contrast

Option B: Low contrast

Once I had the measurements, I converted the results given by Visagraph, for each eye, into duction degrees. I did it using an excel, and I draw the graphics of eye duction together with the movements of the stimulus shown on each measurement, in order to compare both graphics and analyse them.

## RESULTS AND CONCLUSIONS

After analysing all the results, I can conclude that:

1. There is no evidence that observer's age has any effect on the characterization of saccades.
2. Saccades are more accurate when the observer knows the position of the stimulus before it appears than when he/she has no idea of where will the stimulus move to.
3. Knowing the duration of a stimulus in a position before it moves, does not have any effect on the accuracy of the eye movement.
4. Changing the contrast between the stimulus and the background on which it is shown has no effect either on the accuracy of the movements of the observer's eyes.
5. In some saccades, the amplitude is larger than needed to keep the gaze on the stimulus and it is followed by another saccade, much shorter than the first one, in the opposite direction.
6. In other cases, the amplitude of the saccade is shorter than needed to keep the gaze on the stimulus and it is followed by another saccade, much shorter than the first one, in the same direction.
7. No connection was found between the cases explained on points 5 and 6 and the amplitude of the saccade caused by a position change of the stimulus.
8. We could prove, however, that the cases explained on points 5 and 6, occur more frequently and clearly when the observer doesn't know the position of the stimulus when it changes. This confirm the conclusion exposed in point 2.



## Índex

Introducció – Marc teòric.....	12
El Visagraph.....	15
Objectius i hipòtesis.....	17
Procediment.....	19
Resultats i conclusions.....	24
Bibliografia.....	35

## Introducció - Marc teòric

Fins a començaments del segle XX, els estudis dels moviments oculars es realitzaven mitjançant l'observació directa. L'any 1879, l'oftalmòleg francès Louis Emile Javal va observar que quan llegim no movem els ulls de forma continuada al llarg del text, com tothom havia suposat fins aleshores, sinó que fem una sèrie de moviments ràpids amb parades curtes, anomenades fixacions. Va ser a partir d'aquesta observació que es van començar a plantejar dubtes sobre el moviment dels ulls en la lectura, qüestions que van ser estudiades durant la primera dècada del segle XX.

Va ser aleshores que es va construir el primer prototip de seguidor dels moviments oculars. El va crear Edmund Burke Huey, psicòleg educatiu, i consistia en una mena de lent de contacte amb un forat per a la pupila. La lent estava connectada a un punter d'alumini que es movia en resposta als moviments d'ull que feia el pacient.

Amb aquest seguidor, E. B. Huey estudiava i quantificava les regressions que feien els pacients al llegir un text així com el nombre de fixacions.

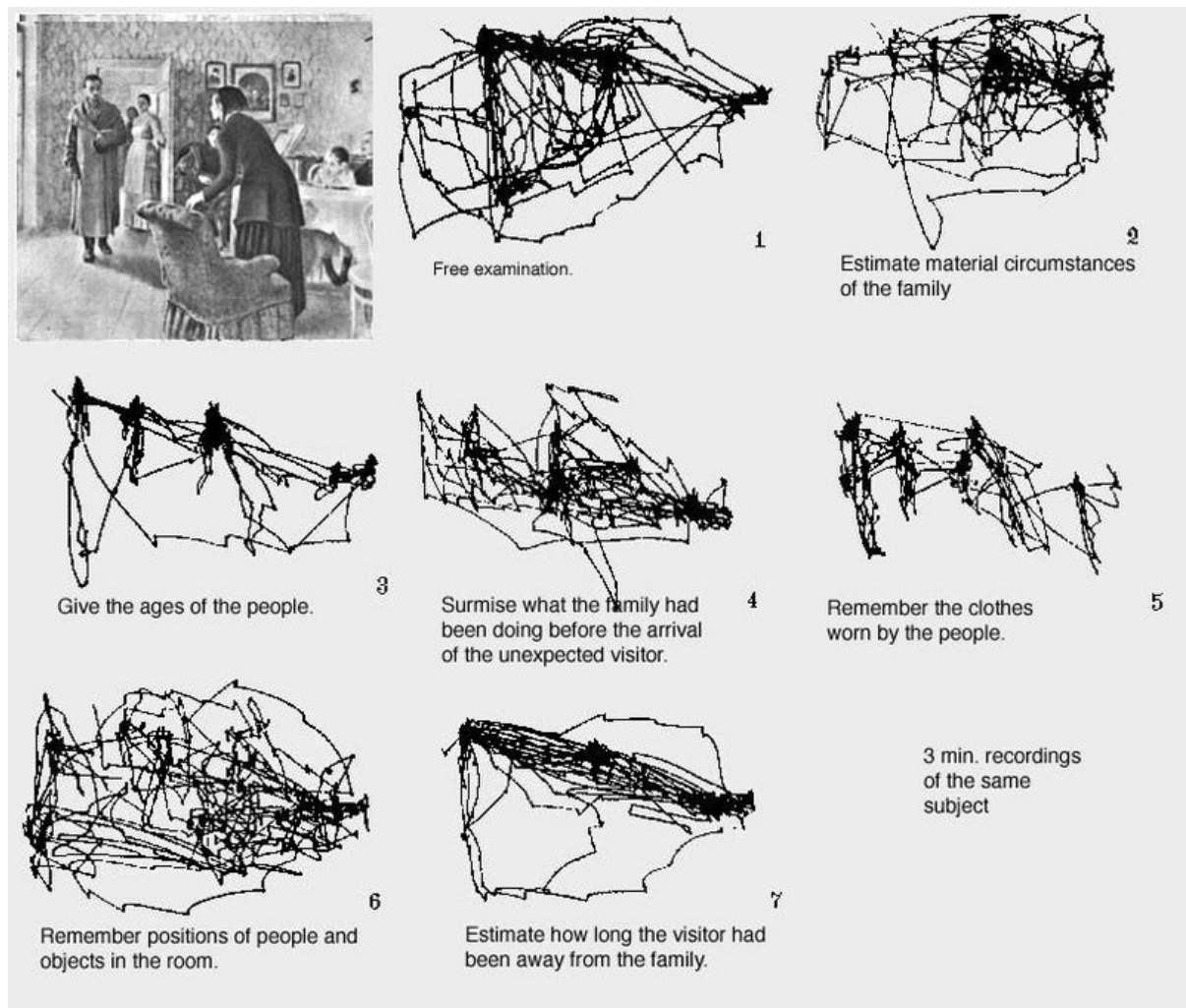


Figura 1. E. B. Huey

Uns anys més tard, un altre psicòleg educatiu, anomenat Guy Thomas Buswell, va construir el primer seguidor d'ulls no invasiu; consistia en uns feixos de llum que es reflectien a l'ull i es gravaven, posteriorment, en una pel·lícula.

Ja a la dècada dels 1950, el psicòleg rus Alfred Lukyanovich Yarbus va dur a terme una investigació de seguiment ocular de gran importància. Va ser pioner en l'estudi dels moviments oculars sacàdics d'un observador en explorar imatges complexes com escenes i objectes naturals. Alfred L. Yarbus va observar que la mirada tendeix a fer petits moviments sacàdics endavant i enrere entre uns mateixos punts de l'escena; per exemple, entre els ulls

i la boca en la imatge d'una cara. Va concloure que la tasca encomanada a l'observador té una gran influència en els seus moviments oculars.



**Figura 2.** Resultats d'un estudi realitzat per Alfred L. Yarbus l'any 1967, on es demostra com la tasca que s'encomani a un observador d'una escena o il·lustració, influeix en els moviments oculars que realitzarà en analitzar la imatge.

A partir de 1970, la investigació sobre el seguiment ocular es va expandir molt ràpidament, sobretot en la lectura.

Clara Roca i Martínez

L'any 1980, M. A. Just i P. A. Carpenter van formular la que s'anomena *Strong eye-mind hypothesis*. Aquesta hipòtesi afirma que quan un subjecte està veient una paraula o un objecte, l'està processant cognitivament durant exactament el mateix temps que mantingui la fixació.

Aquesta teoria s'ha qüestionat moltes vegades pel que en anglès s'anomena *cover attention*, que és el fet de parar atenció a alguna cosa que no estem veient.

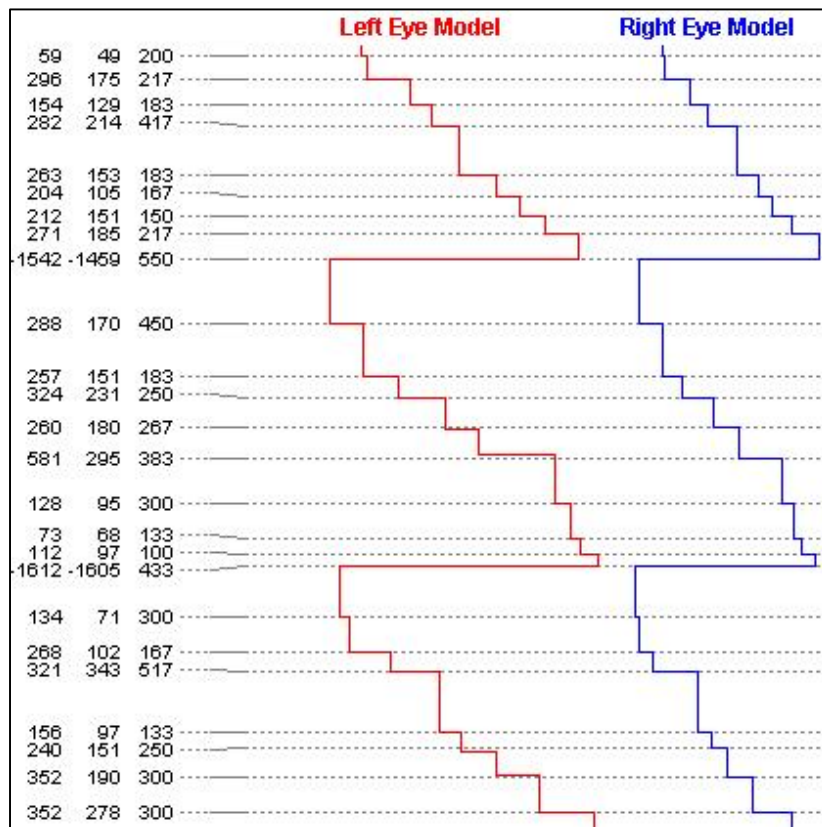
També va ser l'any 1980 que es va començar a utilitzar el seguiment d'ulls per estudiar la interacció persona-ordinador i resoldre algunes qüestions relacionades amb això. Concretament, els investigadors van estudiar com els usuaris cerquen en els menús de l'ordinador. Els ordinadors, a més, van permetre utilitzar el seguiment dels ulls a temps real, cosa que resultar molt útil, principalment, per ajudar als usuaris amb discapacitat.

Més recentment, es va produir un creixement de l'ús d'aquesta tecnologia per estudiar com els usuaris interaccionen amb les interfícies dels ordinadors. Els resultats d'aquestes investigacions es poden fer servir per plantejar possibles canvis en el disseny de la interfície. Una altra àrea d'investigació dels últims anys se centra en el desenvolupament web. En aquesta es pot incloure com reaccionen els usuaris als menús desplegable o saber en què es fixen més d'una pàgina web perquè el desenvolupador sàpiga on col·locar els anuncis.

D'acord amb el que va dir James E. Hoffman, el consens actual és que l'atenció visual sempre va una mica (entre 100 i 250 ms) per davant dels ulls. Però tan aviat com es mou l'atenció a una nova posició, els ulls fan el mateix.

## El Visagraph

El Visagraph consisteix en un hardware que mesura el moviment dels ulls i un software que automàticament els enregistra i analitza i ens dóna una sèrie de característiques i informació del moviment, com ara el nombre de fixacions per línia, la durada de cada una d'elles, si hi ha hagut o no alguna regressió, etc.



**Figura 3.** Gràfic obtingut amb el software del Visagraph mesurant el moviment ocular de l'observador durant la lectura d'un text.

Està dissenyat per estudiar els moviments oculars dels usuaris durant la lectura, per això, un dels seus usos principals el duen a terme psicòlegs, psicopedagogs o logopedes, amb nens i nenes que presenten dificultats a l'hora de llegir.





**Figura 4.** Ús del Visagraph per a la lectura.

És un sistema molt senzill d'utilitzar i produeix molt poc impacte en el comportament de l'usuari durant la lectura. A més a més, es pot utilitzar amb lents de contacte o ulleres sense que això alteri els resultats.

Per mesurar els moviments dels ulls el Visagraph utilitza llum infraroja i, amb uns sensors, mesura la quantitat de llum reflectida.

## Objectius i hipòtesis

Amb la realització d'aquest treball, l'objectiu que em vaig proposar no era el d'estudiar els moviments oculars durant la lectura, ja que ja existeixen molts estudis sobre aquest tema. En el meu cas vaig voler utilitzar el Visagraph per estudiar el moviment horitzontal dels ulls en realitzar diferents tipus de moviments voluntaris, presentant estímuls a l'observador.

A l'hora de començar a encarar el treball, juntament amb el tutor, vam adonar-nos que hi ha moltes variables diferents que podrien fer que els resultats obtinguts amb el Visagraph canviessin, com ara l'edat de l'observador, si és usuari o no d'ulleres o lents de contacte, si ha estat intervingut quirúrgicament dels ulls per algun motiu, el tipus de moviment (seguiment, sacàdics, nistagmus, etc.), l'amplitud d'aquests, la velocitat a la que es mostren els estímuls, el contrast entre aquests i el fons sobre el qual es mostren, la mida de l'estímul, la durada de les fixacions, la distància observador-estímul, etc.

Al veure que podíem jugar amb tantes variables vam decidir que calia acotar el treball i escollir només algunes d'aquestes per estudiar si, efectivament, tenen alguna repercussió en les característiques dels moviments oculars o no.

En primer lloc vaig decidir que em centraria en els moviments sacàdics voluntaris, descartant qualsevol altre classe de moviment, i vaig plantejar-me si poden existir algunes diferències en aquest tipus de moviment en funció de l'edat de l'observador, l'amplitud dels moviments sacàdics, el contrast entre l'estímul i el fons sobre el qual es presenta aquest, la durada de cada fixació i el fet de conèixer o no la següent posició on apareixerà l'estímul.

Abans d'iniciar el treball, i basant-me simplement amb el meu criteri personal, formulo les següents hipòtesis:

Clara Roca i Martínez

- Els moviments sacàdics voluntaris provocats per un estímul, són més ràpids i precisos quan l'observador és una persona jove, per sota dels 60 anys.
- Si l'observador coneix la posició de l'estímul prèviament a l'aparició d'aquest, el moviment sacàdic serà més precís.
- Saber quan l'estímul canviarà de posició fa que el moviment sacàdic dels ulls sigui més ràpid.
- Com més contrast hi hagi entre l'estímul i el fons sobre el qual es presenta, més exactes seran els moviments sacàdics.
- En canvis de posició de l'estímul de gran amplitud, l'amplitud del moviment sacàdic serà inferior a la necessària per seguir l'estímul, i anirà seguit d'un altre moviment sacàdic de poca amplitud en la mateixa direcció.
- En canvis de posició de l'estímul de poca amplitud, l'amplitud del moviment sacàdic serà superior a la necessària per seguir l'estímul, i anirà seguit d'un altre moviment sacàdic de poca amplitud en direcció contrària.

## Procediment

Per dur a terme el meu estudi i comprovar si es compleixen, o no, les meves hipòtesis, he buscat 10 persones de diferents edats, a cada una de les quals he fet 6 mesures diferents variant cada vegada alguna característica en els estímuls presentats.

El tutor del treball va preparar un programa per la presentació dels estímuls, amb el qual pogués jugar amb algunes variables.

El programa em mostrava, en primer lloc, una pantalla de calibratge on havia d'introduir la mida vertical i horitzontal de la pantalla de l'ordinador utilitzat per fer les mesures. A continuació, em demanava la distància interpupilar (DIP) de l'observador i la distància ulls-pantalla. Per tal de poder comparar els resultats, vaig pensar que seria millor realitzar totes les mesures utilitzant una única distància ulls-pantalla, 500mm.

Finalment havia de seleccionar com volia que apareguessin els estímuls.

	DIP (mm):	Angle de l'estímul	Ducció UE	Ducció UD (graus)
Distància ulls-pantalla (mm):			0,0	0,0
Mida dels estímuls (píxels):	21		0,0	0,0
Mida del PF (píxels):	3		0,0	0,0
NG del Fons:	255		0,0	0,0
NG de l'estímul:	0		0,0	0,0
Temps màxim (ms):	2000		0,0	0,0
Temps mínim (ms):	2000		0,0	0,0
<input type="checkbox"/> Només 2 PF			0,0	0,0
<input type="checkbox"/> Posicions conegudes			0,0	0,0

CÀLCUL INICIAL

RECALCULAR

VALIDAR DADES

Figura 5. Pantalla de configuració de paràmetres

He utilitzat tres variables, que han estat:

Variable 1: Posició dels estímuls:

- Opció A: 9 punts diferents mostrats en ordre aleatori, de manera que l'observador no coneix la posició on apareixerà el següent estímul.
- Opció B: 2 punts mostrats de forma alterna, de manera que quan ja s'han mostrat una vegada cada un dels punts, l'observador ja coneix la posició on sortirà el següent estímul.

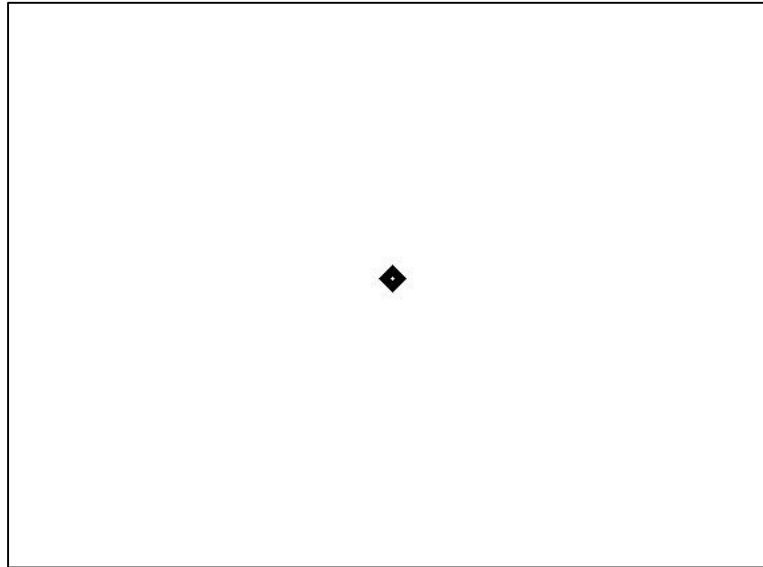
Variable 2: Temps transcorregut entre l'aparició d'un estímul i el següent:

- Opció A: Temps fix, com si fos un metrònom; cada estímul es mostra durant 2 segons. L'observador, després dels primers moviments, ja pot preveure quan desapareixerà un estímul i apareixerà el següent, de manera que pot estar més atent esperant el canvi.
- Opció B: Temps aleatori, entre 1 i 4 segons cada estímul. L'observador no sap quanta estona trigarà a desaparèixer un estímul i aparèixer el següent.

Variable 3: Contrast entre el fons i l'estímul:

- Opció A: Màxim contrast, fons blanc i estímul negre.

Clara Roca i Martínez

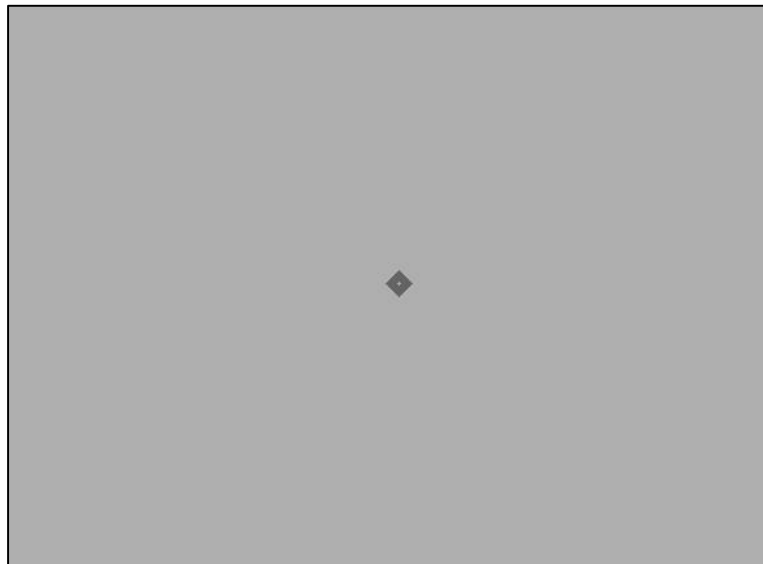


**Figura 6.** Màxim contrast entre fons i estímul.

To del fons = 255. To de l'estímul = 0

Opció B:

Poc contrast, fons gris clar i estímul gris fosc.



**Figura 7.** Baix contrast entre fons i estímul.

To del fons = 175. To de l'estímul = 100

Fent algunes de les combinacions possibles de les tres variables, les característiques de les sis mesures que he realitzat a cada persona han estat les següents:

	Variable 1	Variable 2	Variable 3
Mesura 1	A	A	A
Mesura 2	B	A	A
Mesura 3	A	A	B
Mesura 4	B	B	A
Mesura 5	B	A	B
Mesura 6	A	B	B

**Taula 1.** Relació de mesures i variables.

Un cop omplerts tots els paràmetres, demanava a l'observador que es col·loqués les ulleres del Visagraph i li ajustava a la seva DIP.

Per realitzar totes les mesures m'interessava que l'observador estigués el més quiet possible per tal de no interferir en els resultats d'aquestes, és per això que, cada vegada que feia una mesura a un pacient, a banda d'explicar-li la importància de moure's el mínim possible i no parlar durant les mesures, els feia recolzar la barbeta sobre un suport que jo prèviament havia situat a la distància a la qual volia fer-los a la mesura, els explicava una mica en què consistiria la prova i començàvem les mesures.

Totes les mesures començaven amb la presentació de 5 estímuls, sempre els mateixos, presentats l'un darrere l'altre, d'esquerra a dreta de la pantalla, amb una durada de 2 segons cada un d'ells. Coneixent la posició exacta on apareixia l'estímul en aquests cinc punts, i la ducció teòrica, en graus, que hauria de fer cada ull de l'observador per fixar la mirada en cada un dels punts, juntament amb els resultats obtinguts amb el Visagraph en la mesura



Clara Roca i Martínez

dels moviments sacàdics d'aquests primers punts, he fet una regressió lineal. El pendent i l'ordenada a l'origen de la recta, m'han permès calcular la ducció de cada ull, en graus, per a cada lectura del Visagraph; és a dir, he convertit els valors que dona el Visagraph en graus, donant un valor negatiu si és ducció cap a l'esquerra de l'observador i positiu si la ducció és cap a la seva dreta.

A partir d'aquests valors he creat una gràfica. Sabent en quina posició exacta ha aparegut l'estímul durant la mesura, i durant quanta estona, he afegit a la mateixa gràfica, a fi de poder-ho comparar amb les duccions reals que ha realitzat l'observador, els moviments que ha anat fent l'estímul durant la mesura, és a dir, la ducció teòrica que hauria d'haver fet l'observador seguint l'estímul.

## Resultats i conclusions

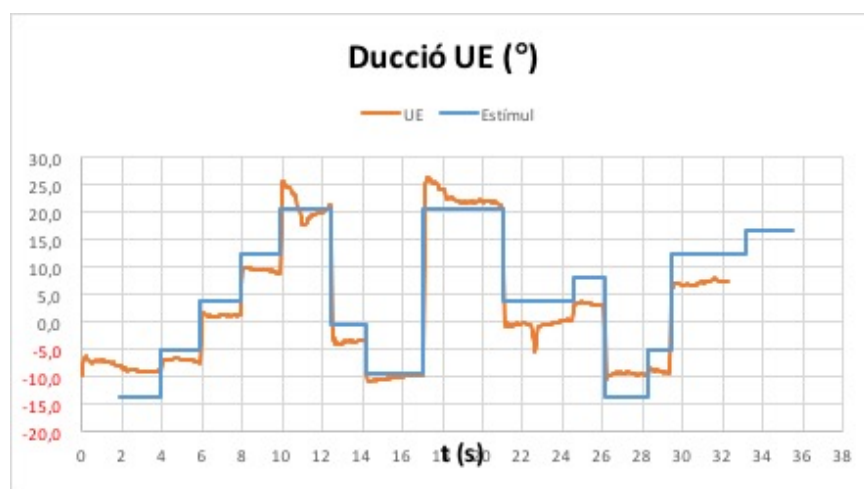
Observant els gràfics resultants de les mesures podem concloure el següent:

1. A diferència del que creia quan vaig començar aquest treball, abans de realitzar les mesures i veure els resultats, no es mostra cap diferència clara entre les característiques dels moviments sacàdics d'una persona o una altra en funció de la seva edat.

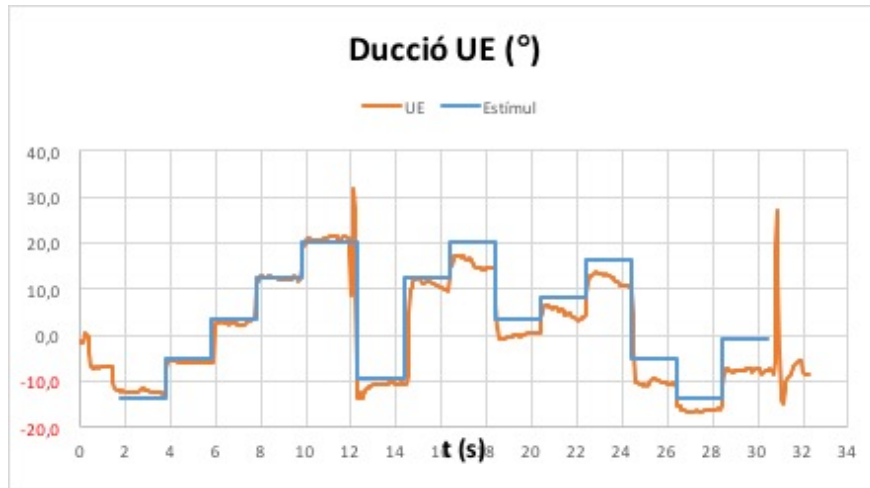
2. Els moviments són més exactes, més precisos, quan l'observador coneix la posició de l'estímul prèviament a l'aparició d'aquest.

A les gràfiques que es mostren a continuació es pot observar la diferència de precisió de cada moviment sacàdic quan es presenten 9 punts en ordre aleatori, de manera que l'observador no sap on apareixerà el proper estímul, o 2 punts alternats, de manera que l'observador ja sap on apareixerà cada estímul:

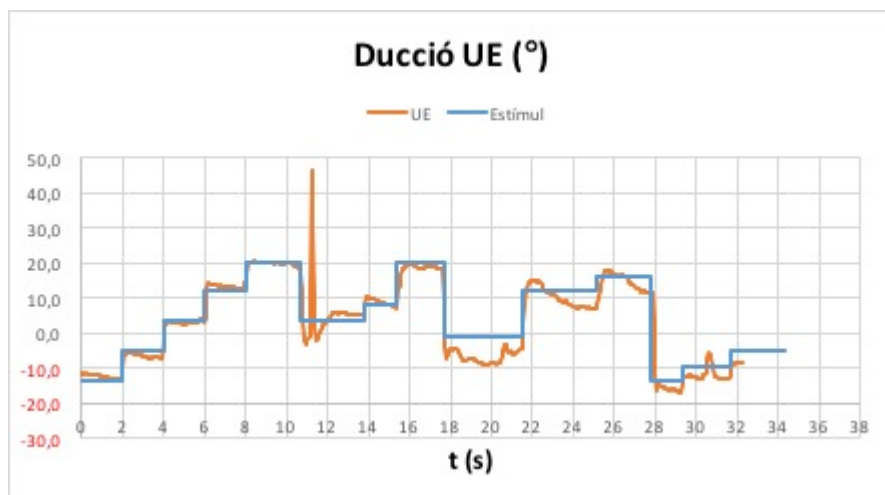
- a) Gràfiques en mesures de 9 punts mostrats en ordre aleatori:



**Figura 8.** Observador núm. 4. Mesura 6. UE.



**Figura 9.** Observador núm. 5. Mesura 3. UE.



**Figura 10.** Observador núm. 5. Mesura 6. UE.

Observant les gràfiques mostrades podem veure que la fixació no és precisa, en el moment en què desapareix un estímul i apareix el següent, els ulls de l'observador fan un moviment sacàdic en la direcció que segueix l'estímul però, al no conèixer amb anterioritat la posició de l'estímul, el moviment no és exacte i, en les mil·lèsimes de segon posteriors, els ulls acaben de moure's buscant l'estímul.

b) Gràfiques en mesures de 2 punts mostrats alternament:

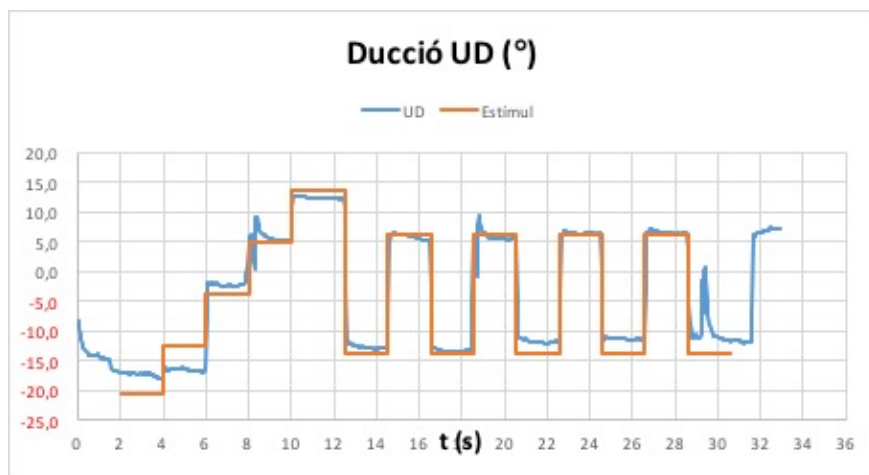


Figura 11. Observador núm. 4. Mesura 2. UD.

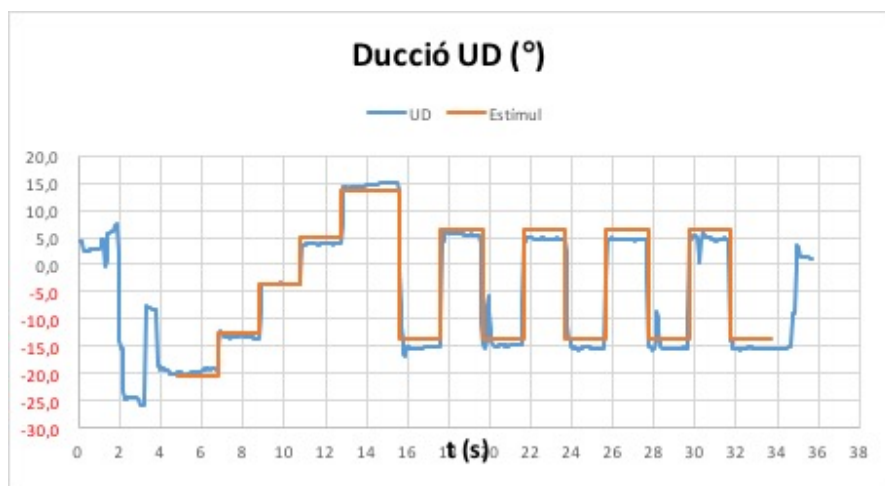
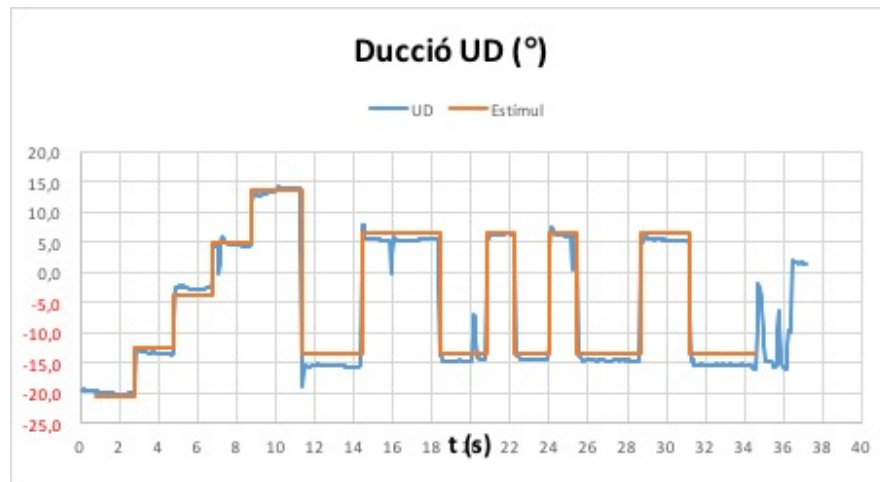


Figura 12. Observador núm. 10. Mesura 5. UD.



**Figura 13.** Observador núm. 10. Mesura 4. UD.

En el cas de les mesures fetes amb 2 punts mostrats alternament, els moviments són una mica més precisos, els canvis entre les fixacions són més exactes sobretot després dels dos primers moviments, quan l'observador ja coneix la posició dels dos punts.

3. Conèixer la durada d'un estímul en una posició abans que aquesta canviï no té tampoc cap influència en els moviments oculars entre cada fixació.  
Tenia la hipòtesi que fer les mesures amb una durada aleatòria per a cada fixació podria provocar retards en els moviments sacàdics ja que l'observador no sap quan es mourà l'estímul i pot estar, per tant, més desprevingut. Els resultats, però, no mostren que això sigui així.
4. Tampoc el contrast sembla que influeixi en els moviments sacàdics. Contràriament al que havia exposat en les hipòtesis inicials, disminuir el contrast entre l'estímul i el fons sobre el qual es presenta aquest, no ha fet que els moviments oculars sacàdics de l'observador siguin menys precisos que en les mesures fetes amb el màxim contrast possible.

Clara Roca i Martínez

5. En alguns moviments sacàdics, l'amplitud d'aquests és més gran que l'amplitud del canvi de posició de l'estímul, en aquests casos el moviment dels ulls va seguit, mil·lèsimes de segon més tard, d'un altre moviment sacàdic en direcció contrària. L'observador gira la mirada passant-se de llarg l'estímul i tot seguit fa una regressió.

En les gràfiques mostrades a continuació podem observar com es produeix aquest fet:

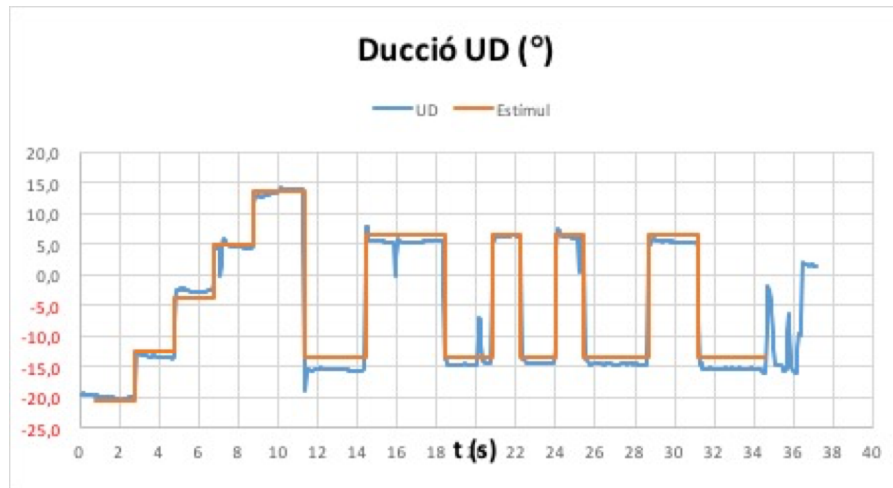


Figura 14 A. Observador 10. Mesura 4. UD.

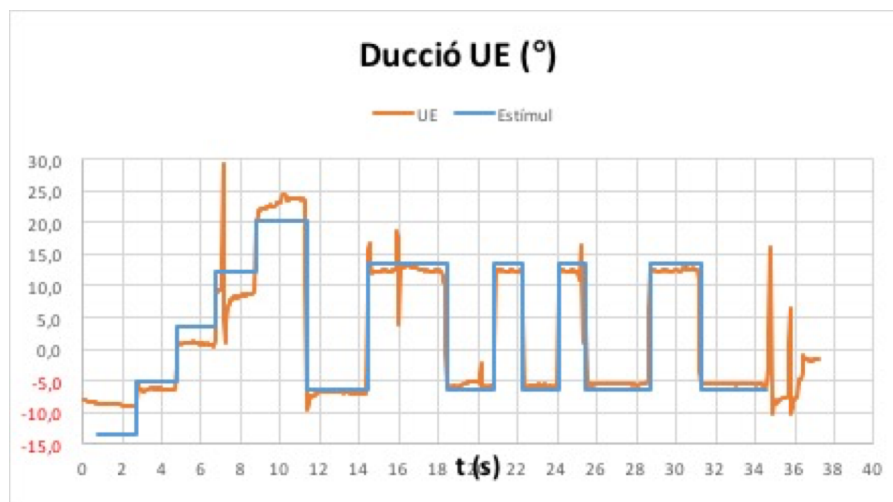
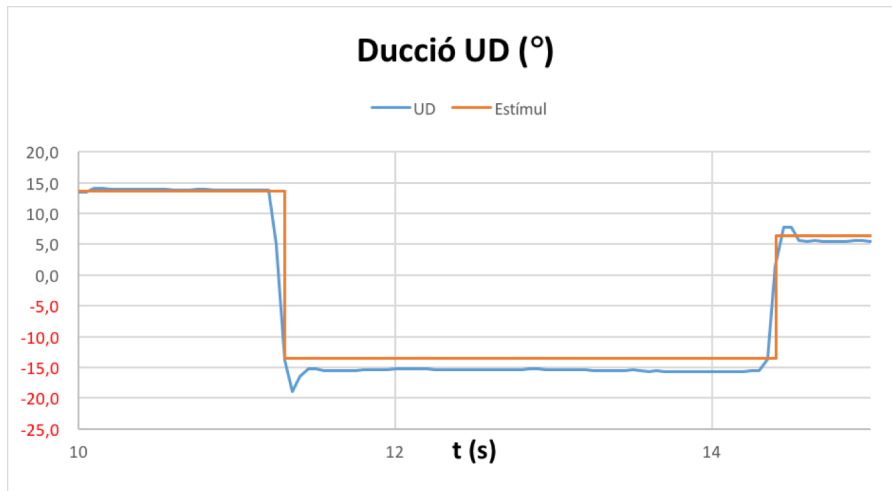


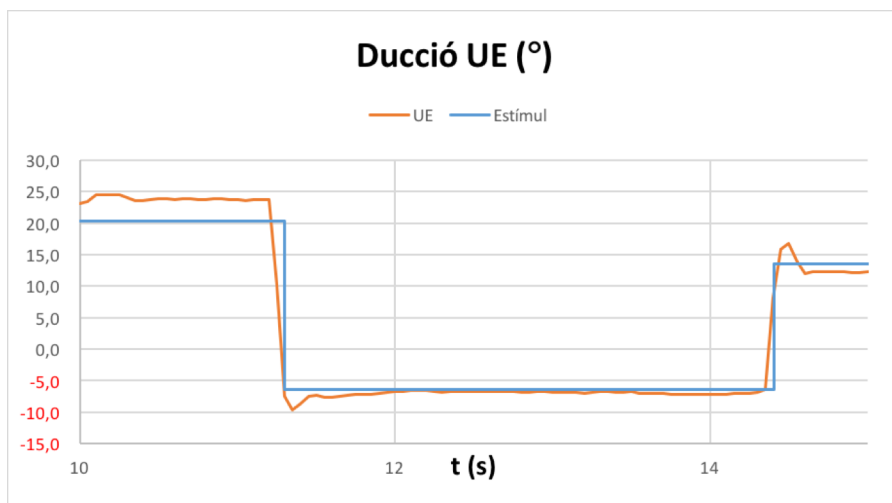
Figura 14 B. Observador 10. Mesura 4. UE.

Figura 14. Observador 10. Mesura 4.





**Figura 15 A.** Ampliació d'un segment de la gràfica de la figura 14 A.

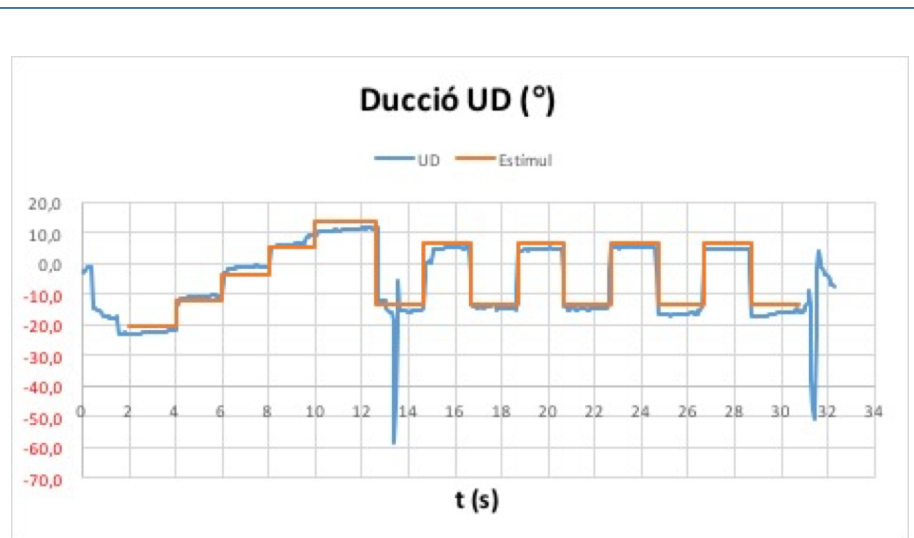


**Figura 15 B.** Ampliació d'un segment de la gràfica de la figura 14 B.

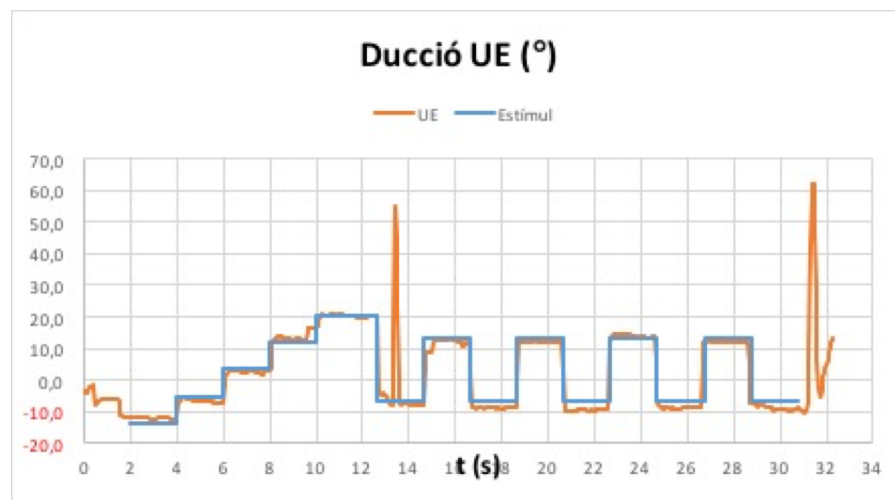
**Figura 15.** Fragments de les gràfiques de la figura 14 ampliats.

6. En d'altres casos, en canvi, es produeix l'efecte contrari; és a dir, el moviment sacàdic inicial no té prou amplitud i va seguit d'un altre moviment sacàdic en la mateixa direcció fins arribar a la posició de l'estímul. En aquest cas doncs, l'observador gira la mirada en la direcció que es desplaça l'estímul però es queda curt amb la dució, per això, unes mil·lèsimes de segon més tard, fa un altre moviment sacàdic per acabar d'arribar al punt on ha aparegut l'estímul.

És el cas que podem observar en les següents gràfiques:

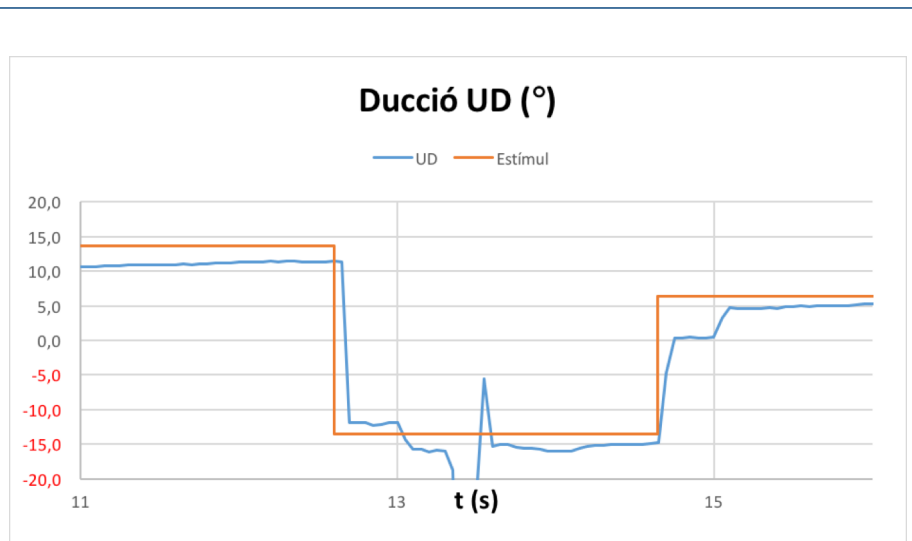


**Figura 16 A.** Observador 5. Mesura 2. UD.

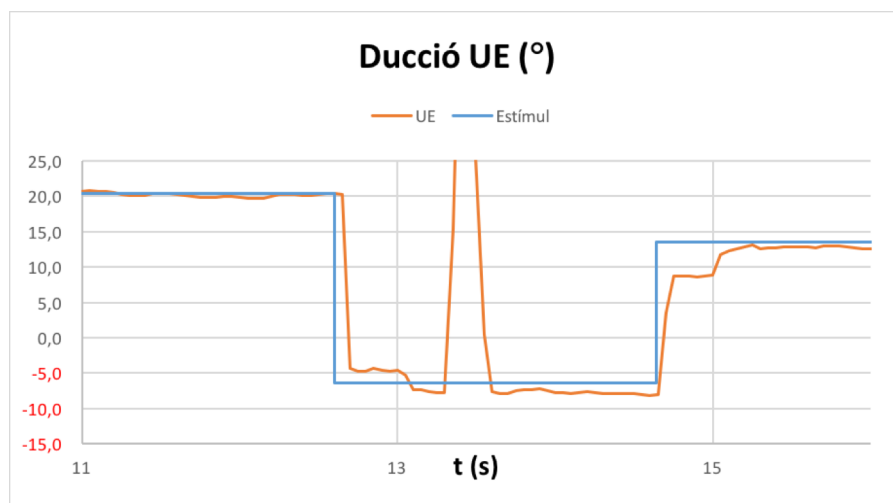


**Figura 16 B.** Observador 5. Mesura 2. UE.

**Figura 16.** Observador 5. Mesura 2.



**Figura 17 A.** Ampliació d'un segment de la gràfica de la figura 16 A.



**Figura 17 B.** Ampliació d'un segment de la gràfica de la figura 16 B.

**Figura 17.** Fragments de les gràfiques de la figura 16 ampliats.

7. No s'ha trobat cap relació directa entre l'amplitud del moviment sacàdic provocat pel canvi de posició de l'estímul amb el fet que es doni el cas explicat al punt 5 o bé el del punt 6 de les conclusions.

A priori hauria pensat que, en casos en què l'amplitud és molt gran, es donaria el cas del punt 5, és a dir, l'observador realitzaria un moviment sacàdic d'amplitud inferior a la requerida per seguir l'estímul i, tot seguit, un altre moviment en la mateixa direcció; i que en casos en què l'amplitud del canvi de posició de l'estímul és petita, el moviment sacàdic dels ulls de l'observador seria d'amplitud superior a la requerida i tot seguit hi hauria una regressió.

Amb els resultats obtinguts, però, no s'ha pogut demostrar que existeixi aquesta relació.

8. Sí que es demostra, però, observant els gràfics de les figures 14 i 16, per exemple, que els casos explicats als punts 5 i 6 es donen amb més freqüència i de manera més clara quan es desconeix la posició de l'estímul quan aquesta canvia. Això reforça la conclusió exposada al punt 2.

## Bibliografia

- <http://www.compevo.se/VisagraphInfo.pdf>
- <http://www.acotv.org/ca/bloc/17-avaluacio-tractament-moviments-sacadics-oculars>
- [https://www.dartmouth.edu/~rswenson/NeuroSci/chapter\\_8D.html](https://www.dartmouth.edu/~rswenson/NeuroSci/chapter_8D.html)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Alfred\\_L.\\_Yarbus](https://en.wikipedia.org/wiki/Alfred_L._Yarbus)
- <http://aoj.uwpress.org/content/57/1/131.full.pdf>
- <http://texts.cdlib.org/view?docId=hb5g50061q&doc.view=frames&chunk.id=div00019>
- <http://cnl.psych.cornell.edu/pubs/2002-mc-Psych-Review.pdf>
- <https://www.looktracker.com/blog/eye-tracking-technology/the-history-of-eye-tracking-studies-and-technology/>
- [http://www.advancedvisiontherapycenter.com/services/assessments/binocular\\_vision\\_assessment/visagraph\\_evaluation/](http://www.advancedvisiontherapycenter.com/services/assessments/binocular_vision_assessment/visagraph_evaluation/)
- [http://wexler.free.fr/library/files/hoffman%20\(1998\)%20visual%20attention%20and%20eye%20movements.pdf](http://wexler.free.fr/library/files/hoffman%20(1998)%20visual%20attention%20and%20eye%20movements.pdf)